

51

Int. Cl. 3:

H 01 J 37/28

19 BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



Behördenangabe

DE 29 22 325 A 1

11

Offenlegungsschrift 29 22 325

21

Aktenzeichen:

P 29 22 325.4

22

Anmeldetag:

1. 6. 79

43

Offenlegungstag:

11. 12. 80

30

Unionspriorität:

32 33 31

54

Bezeichnung:

Rasterelektronenmikroskop

71

Anmelder:

Philips Patentverwaltung GmbH, 2000 Hamburg

72

Erfinder:

Manzke, Klaus Dieter, Ing.(grad.), 2000 Norderstedt

DE 29 22 325 A 1

Patentansprüche:

2922325

5 (1.) Rasterelektronenmikroskop, mit einem Elektro-
nenstrahlerzeuger, einer eine Anode zur Beschleunigung der
Elektronen enthaltenden elektronenoptischen Säule, unter-
halb der eine Probenhalterung zur Aufnahme und Positionie-
rung einer zu untersuchenden Probe angeordnet ist, und mit
einem Detektor zum Detektieren der aus der Probe austreten-
den Elektronen, der mit einem Sichtgerät zur Darstellung
10 eines vergrößerten Bildes der Probe mit Hilfe der detek-
tierten Elektronen verbunden ist, dadurch gekennzeichnet,
daß zwischen der elektronenoptischen Säule und der Proben-
halterung (12) eine Bremsselektrode (14) angeordnet ist,
zwischen der und der Anode (2) eine die Geschwindigkeit
15 der aus der elektronenoptischen Säule austretenden Elek-
tronen vermindernde, einstellbare Spannung (U2) anlegbar
ist.

2. Rasterelektronenmikroskop nach Anspruch 1,
20 dadurch gekennzeichnet, daß zwischen der Bremsselektrode
(14) und der Anode (2) eine Gleichspannung liegt.

3. Rasterelektronenmikroskop nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, daß die zwischen der Bremsselek-
25 trode (14) und der Anode (2) liegende Spannung aus einer
Gleichspannung und einer Wechselspannung zusammengesetzt
ist.

30

35

030050/0204

PHILIPS PATENTVERWALTUNG GMBH, Steindamm 94, 2000 Hamburg 1

2

PHD 79-059
Jü

Rasterelektronenmikroskop

Die Erfindung betrifft ein Rasterelektronenmikroskop, mit einem Elektronenstrahlerzeuger, einer eine Anode zur Beschleunigung der Elektronen enthaltenden elektronenoptischen Säule, unterhalb der eine Probenhalterung zur Aufnahme und Positionierung einer zu untersuchenden Probe angeordnet ist, und mit einem Detektor zum Detektieren der aus der Probe austretenden Elektronen, der mit einem Sichtgerät zur Darstellung eines vergrößerten Bildes der Probe mit Hilfe der detektierten Elektronen verbunden ist.

Ein derartiges Rasterelektronenmikroskop ist bereits aus der Zeitschrift "Philips Technische Rundschau", 35. Jahrgang, 1975/76, Nr. 6, Seiten 165 bis 178, bekannt. Bei ihm werden die aus einem Elektronenstrahlerzeuger austretenden Elektronen in einer elektronenoptischen Säule mittels einer Anode auf eine gewünschte Geschwindigkeit beschleunigt, fokussiert und über Ablenkspulen abgelenkt. Nach Verlassen der elektronenoptischen Säule treffen die Elektronen auf die zu untersuchende Probe und schlagen dort material- bzw. topographiespezifische Sekundärelektronen heraus, die von Detektoren detektiert werden.

In vielen Fällen jedoch muß die Energie des Elektronenstrahls bzw. die Geschwindigkeit seiner Elektronen an die Probenverhältnisse angepaßt werden. Handelt es sich bei

030050/0204

- den Proben beispielsweise um mit Hilfe des Potentialkon-
trastverfahrens (S. 166, Spalte 2, Absatz 3, Zeilen 9-14)
zu kontrollierende Halbleiterstrukturen mit hohem Inte-
grationsgrad, so ist ebenfalls aus der genannten Veröf-
fentlichung bekannt, daß zur Erzielung eines hohen Auf-
5 lösuungsvermögens (S. 168, Spalte 2, Absatz 2) - neben
einer guten Dosierbarkeit der Strahlintensität (S. 169,
Spalte 1, Absatz 2) - die Geschwindigkeit der auf die zu
untersuchende Probe auftreffenden Elektronen relativ ge-
10 ring zu wählen ist. Das Auflösungsvermögen eines Raster-
elektronenmikroskops hängt hierbei im allgemeinen nicht
ausschließlich von optischen Größen wie z.B. Linsenfeh-
lern, Linsenöffnungen und dem Durchmesser des Elektronen-
strahls auf der Probe ab. Die Diffusionslänge der Elektro-
15 nen in der Probe bzw. ihre Eindringtiefe hat ebenfalls
einen Einfluß, derart, daß das Auflösungsvermögen umso
größer wird, je kleiner die Diffusionslänge und damit die
Energie bzw. Geschwindigkeit der Elektronen ist.
- 20 Die Trennung der aus der Probe herausgeschlagenen Sekun-
därelektronen nach Energien eröffnet dann die Möglichkeit,
eine Abbildung von Potentialunterschieden auf der Proben-
oberfläche zu erhalten, so daß z.B. im Betrieb befindliche
integrierte Schaltungen sowohl auf ihren Aufbau als auch
25 auf ihre Funktionsweise hin überprüft werden können (siehe
z.B. auch L. Reimer, G. Pfefferkorn; Rasterelektronen-
mikroskopie, (1977), S. 146).

- Eine Veränderung der Energie bzw. der Intensität des
30 Elektronenstrahls zur Anpassung an die jeweiligen Proben-
verhältnisse erfordert jedoch eine Veränderung der Be-
schleunigungsspannung, wodurch jedesmal eine Änderung
der Fokussier- und Ablenkspannungen erforderlich wird.
- 35 Bei niedrigen Beschleunigungsspannungen erweist sich zu-
sätzlich die mangelnde Stabilität des Elektronenstrahls

als nachteilig, die aufgrund von Verunreinigungen innerhalb des vom Elektronenstrahl durchlaufenen evakuierten Bereichs auftreten. Diese Verunreinigungen sind zum Teil Rückstände der durch den Elektronenstrahl gecrackten Pump-
5 pöle. Aus diesem Grunde ist für einen stabilen Betrieb eines Rasterelektronenmikroskops bei niedrigen Beschleunigungsspannungen ein hohes, möglichst ölfreies Vakuum erforderlich, das jedoch nur durch relativ lange Abpumpzeiten erzeugt werden kann.

10 Aufgabe der Erfindung ist es, ein Rasterelektronenmikroskop anzugeben, bei dem bei Änderung der Geschwindigkeit des auf die Probe auftreffenden Elektronenstrahls ein Nachfokussieren des Elektronenstrahls innerhalb der elek-
15 tronenoptischen Säule vermieden wird und bei dem bei geringer Geschwindigkeit der auf die Probe auftreffenden Elektronen ein stabiler Betrieb auch bei einer gewissen Verunreinigung des Vakuums gewährleistet ist.

20 Diese Aufgabe wird gemäß der Erfindung dadurch gelöst, daß zwischen der elektronenoptischen Säule und der Probenhalterung eine Bremsselektrode angeordnet ist, zwischen der und der Anode eine die Geschwindigkeit der aus der elektronenoptischen Säule austretenden Elektronen vermindern-
25 einstellbare Spannung anlegbar ist.

Zwischen der Kathode und der Anode liegt somit eine die Elektronen beschleunigende erste Spannung, die z.B. auf einen konstanten Wert eingestellt werden kann, während zwi-
30 schen der Anode und der Bremsselektrode eine zweite variierbare Spannung mit einer zur ersten Spannung umgekehrten Polarität anliegt, so daß die Geschwindigkeit der aus der elektronenoptischen Säule austretenden Elektronen je nach Art der zu untersuchenden Probe vermindert werden kann. Die
35 erste zwischen Kathode und Anode liegende konstante Spannung ist dabei relativ hoch. Auf diese Weise wird er-

reicht, daß sich der Elektronenstrahl mit konstanter und hoher Geschwindigkeit durch die elektronenoptische Säule bewegt und unempfindlich gegen Verunreinigungen, z.B. Crack-Produkten auf den Blenden, ist.

5

Soll nun die Geschwindigkeit der auf die Probe auftreffenden Elektronen vermindert werden, so wird lediglich die zweite zwischen Anode und Bremsselektrode liegende Spannung entsprechend eingestellt, während die erste Spannung zwischen dem Elektronenstrahlerzeuger (Kathode) und der Anode konstant bleibt.

10

Aufgrund dieser Maßnahme wird erreicht, daß jeweils bei Änderung der Elektronengeschwindigkeit allein durch die zweite Spannung, die z.B. auf einen konstanten Wert einstellbar ist, ein entsprechendes Anpassen der Ablenk- und Fokussierungsspannungen innerhalb der elektronenoptischen Säule entfällt. Zudem durchläuft der Elektronenstrahl nach Austritt aus der elektronenoptischen Säule bzw. nach Hindurchtreten durch eine letzte Aperturblende nur eine relativ kurze Strecke mit niedriger Geschwindigkeit bis zur Probe, so daß ein stabiler Betrieb des Rasterelektronenmikroskops gewährleistet ist.

20

Ferner wird durch die hohe Geschwindigkeit des Elektronenstrahls innerhalb der elektronenoptischen Säule erreicht, daß keine zu großen Anforderungen an die Höhe des Vakuums gestellt zu werden brauchen, und daß demzufolge die Abpumpzeiten begrenzt sind.

25

Die Zeichnung stellt ein Ausführungsbeispiel der Erfindung dar.

30

In der Fig. 1 ist schematisch ein Rasterelektronenmikroskop gezeigt, welches zur Erzeugung von freien Elektronen eine Kathode 1 besitzt, gegenüber der eine zur Beschleunigung

35

gung der Elektronen vorgesehene Anode 2 angeordnet ist. Zwischen der Kathode 1 und der Anode 2 liegt eine Spannungsquelle S1 mit einer konstanten Spannung von z.B. $U_1=10KV$, so daß die aus der Kathode 1 austretenden Elektronen mit relativ hoher Geschwindigkeit in ein sich an die Anode 2 anschließendes evakuiertes, aus einem nicht-magnetischen Material bestehendes, elektrisch leitendes und mit der Anode 2 verbundenes Rohr 3 eintreten. Entlang dieses Rohres 3 befinden sich Spulen 4 zur Zentrierung bzw. Fokussierung des Elektronenstrahls sowie eine unterhalb der Spule 4 angeordnete Spule 5 zur Erzeugung zweier Kondensorlinsen 6 und 7. Unterhalb der Kondensorlinsen 6 und 7 ist eine weitere das Rohr 3 umgebende Spule 8 zur Bildung einer Objektivlinse 9 angeordnet, wobei die weitere Spule 8 zwei Ablenkspulen 10, 11 zur ebenen Ablenkung des Elektronenstrahls auf der Oberfläche einer unterhalb des Rohres 3 auf einer Probenhalterung 12 (Goniometer) liegenden Probe 13 umschließt.

Zwischen dem unteren Ende des Rohres 3, das gleichzeitig das Ende der elektronenoptischen Säule darstellt, und der Probenhalterung 12 ist eine mit der Probenhalterung 12 elektrisch verbundene und auf Erdpotential liegende Brems-
elektrode 14 angeordnet, die mit dem negativen Pol einer zwischen ihr und der Anode 2 liegenden zweiten Spannungsquelle S2 verbunden ist. Die Brems-
elektrode 14 kann z.B. scheibenförmig ausgebildet und mit einem im Zentrum der Scheibe liegenden Loch zum Durchtritt der Elektronen versehen oder als hohlzylinderförmige Elektrode gefertigt sein.

Die Spannung U_2 der Spannungsquelle S2 ist dabei auf verschiedene konstante Werte einstellbar, derart, daß die aus dem Rohr 3 bzw. aus der elektronenoptischen Säule austretenden Elektronen mit einer gewünschten, relativ geringen Energie bzw. Geschwindigkeit auf die zu untersuchende

Probe 13 auftreffen können. Beispielsweise kann die Spannung U_2 Werte von $U_2=0$ bis $U_2=-10\text{KV}$ annehmen. Die Größe der Spannung U_2 wird dabei je nach Art der Probe 13 und des Untersuchungsverfahrens (z.B. Potentialkontrast-Verfahren) vorgewählt.

Der Nachweis der aus der Probe 13 herausgeschlagenen Elektronen (Sekundärelektroden) bzw. ihre Energieselection kann dabei z.B. mittels einer mit einem Szintillator und einer Gegenfeldelektrode (Gaze 15a) versehenen Photovervielfacherröhre 15 oder anderer geeigneter Nachweisgeräte für Elektronen erfolgen, die zusammen mit der Probe 13 innerhalb eines ebenfalls evakuierten Untersuchungsraumes 16 angeordnet sind.

An die Bremsselektrode 14, die dicht unterhalb der elektronenoptischen Säule liegt, kann aber auch zusätzlich eine periodische, z.B. eine rechteck- oder sinusförmige Spannung angelegt werden, die der konstanten zweiten Spannung U_2 überlagert wird. Dies ist z.B. zur Untersuchung der Funktion integrierter Halbleiterschaltungen erforderlich, wenn elektrische, schnell veränderliche Potentiale innerhalb der Schaltungen bzw. auf der Probe stroboskopisch beobachtet werden sollen (L. Reimer, G. Pfefferkorn; Raster-elektronenmikroskopie (1977), Seite 149, Abschnitt 4.5.4). Eine derartige Untersuchung erfolgt aber ebenfalls bei niedrigen Elektronengeschwindigkeiten, so daß eine Abbremsung der aus dem Rohr 3 mit hoher Geschwindigkeit austretenden Elektronen erfolgen muß.

30

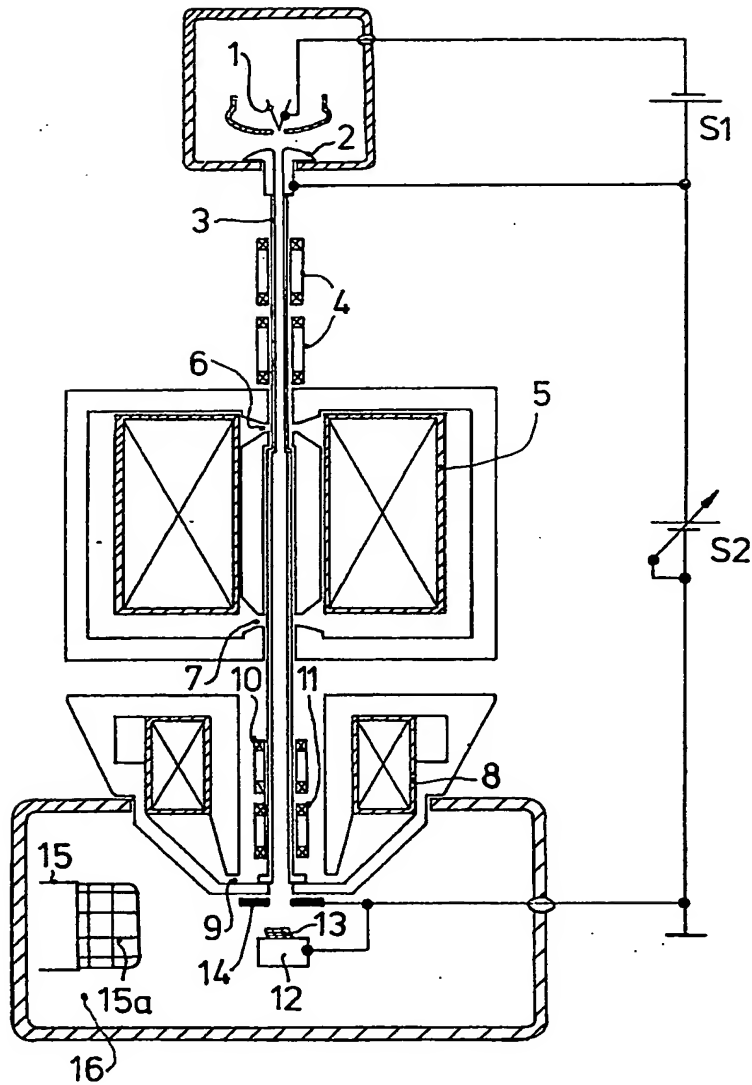
35

· 8.
Leerseite

Nummer: 29 22 325
 Int. Cl.²: H 01 J 37/28
 Anmeldetag: 1. Juni 1979
 Offenlegungstag: 11. Dezember 1980

9.
 2922325

1/1



030050/0204

ORIGINAL INSPECTED

D 79-059

De.